

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Филимонов А.П., главный инженер проектов.

Проектно-изыскательский институт объектов транспорта

АО «ХАРГИПРОТРАНС»

ул.Энгельса 29Б, г. Харьков, Украина

E-mail: alexfil@ukr.net

В настоящее время разработано множество моделей конструкций, учитывающих нелинейность деформирования материалов и особенности связанные с образованием трещин в бетоне. Отмечая большие достоинства наиболее совершенного метода Н. И. Карпенко [1], следует все же указать, что в нем нет отражения особенностей деформирования бетона в условиях двухосного напряженного состояния. Допущением также является то, что на всех стадиях работы с трещинами принимается прямоугольная эпюра в сжатой зоне бетона и не учитывается работа растянутого бетона над трещиной. Кроме того, жесткости элементов при переходе от одной стадии в другую (от одной схемы трещин к другой) претерпевают дискретные изменения, что усложняет алгоритм решения и неблагоприятно сказывается на сходимости процесса последовательных приближений.

Целью настоящего исследования является разработка конечного элемента прямоугольной формы для сталебетонной плиты, свободного от отмеченных недостатков.

Рассматривается бетонная плита с внешним листовым армированием. Для данной плиты будем считать справедливыми предпосылки теории «тонких плит», которые формулируются следующим образом: напряжения σ_z , τ_{xz} , τ_{yz} пренебрежимо малы по сравнению с основными напряжениями σ_x , σ_y , τ_{xy} ; прогибы малы в сравнении с толщиной плиты; перемещения в направлении оси z постоянны по толщине плиты и равны прогибам срединной поверхности, которая не испытывает деформаций в своей плоскости.

Функционал полной потенциальной энергии системы является основой для решения поставленной задачи. Имея дифференциальные операторы, связывающие перемещения с напряжениями и деформациями, построим функционал полной потенциальной энергии:

При расчете сталебетонной плиты, для описания работы бетона, использованы диаграммы деформирования материалов для различных видов напряженного состояния, учтена работа бетона с трещинами в растянутой зоне бетона, а также податливость связей сдвига на границе контакта бетона и стального листа. Для каждого конкретного вида напряженного состояния экспериментальные диаграммы деформирования бетона аппроксимируются аналитической зависимостью в виде полинома 4-й степени ($k = 4$):

Принятая аппроксимация перемещений удовлетворяет наложенным условиям и дифференциальному уравнению изгибаемой пластины.

Далее, устанавливаем связь между постоянными коэффициентами полинома и перемещениями узлов конечного элемента. Для этого, формируем систему алгебраических уравнений относительно постоянных коэффициентов c_i , подставляя координаты узлов в функции перемещений. В результате получаем систему из 12-и линейных уравнений относительно постоянных коэффициентов.

Параметры напряженного состояния конечного элемента (погонные изгибающий и крутящие моменты) определяются через перемещения его узлов. Подставляя соответствующие производные от функции прогиба, получим функции погонных изгибающих и крутящего моментов $M_x(x,y)$, $M_y(x,y)$, $M_{xy}(x,y)$ по т области конечного элемента. Значения параметров в любой точке области конечного элемента находят подстановкой координат x и y .

В соответствии с полученной матрицей жесткости выполнен численный расчет сталебетонной плиты размером 1х1 м, толщиной бетона 0,05 м и толщиной стального листа 1 мм. Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко Н. И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат, 1976.
2. Чихладзе Э. Д., Арсланханов А. Д. Теория деформирования сталебетонных плит// Межвуз. сб. науч. тр./ХарГАЗТ, 1996. – Вып.27.
3. Варвак П. М., Городецкий А. С., Пискунов В. Г. и др. Метод конечных элементов.//К.: Вища школа, 1981.
4. Чихладзе Э. Д., Арсланханов А. Д. Экспериментальные исследования сталебетонных плит// Строительство и архитектура. Сер. Изв. вузов, 1991. – Вып. 5.